

В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ

ОТ РЕДАКЦИИ. Ниже публикуются отклики на ст. проф. М. С. Неймана «О радиотехнических специальностях», помещенную в № 2 нашего журнала за 1966 год.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ И МИКРОМИНИАТЮРИЗАЦИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Ознакомившись со статьей М. С. Неймана «О радиотехнических специальностях», автор выражает свое принципиальное согласие со многими положениями, высказанными автором. Однако в области обучения студентов по микроэлектронике, автор придерживается несколько другой точки зрения, изложенной ниже.

Конструирование и изготовление схемных узлов выполняется в настоящее время в основном двумя способами; методом монтажа дискретных схемных электроэлементов на печатной плате и методом так называемых интегральных схем (твердые, пленочные, гибридные схемы). Если судить по зарубежным источникам, то второй метод непрерывно из года в год теснит в промышленных фирмах первый.

Еще более, чем в технике СВЧ, в микроэлектронных узлах вопросы схемотехники, конструирования и технологии изготовления связаны и тесно переплетены между собой таким образом, что незнание одного из них приводит разработчика в тупик. Вышеуказанное обстоятельство заставило нас в свое время придти к выводу, который многократно был подтвержден практикой, что инженер-разработчик радиотехнических (микроэлектронных) узлов не может быть только «схемщиком» или конструктором или технологом. Дискуссионность этого вопроса нам непонятна.

Появление и внедрение в промышленные разработки микроэлектронных узлов вызвало цепную реакцию и в методах проектирования и конструирования функциональных блоков на базе этих узлов и аппаратуры в целом. Эта реакция еще не носит обобщающих и законченных форм, но контуры ее видны. Укажем на некоторые характерные черты:

а) прежде всего отметим с первого взгляда незаметный, но существенный качественный скачок, вызванный изменением масштаба (сложности) модуля. Имеется в виду скачок от электроэлемента, характеризуемого электрическими (электромагнитными) параметрами или преобразованиями к схеме модуля, характеризующейся радиотехническими и логическими функциональными преобразованиями. Принципиальная электрическая схема блока радиоаппаратуры, собранного из навесных электроэлементов, проектируется и рассчитывается на основе известной и хорошо разработанной теории цепей. Если тот же блок проектировать на базе микроэлектронных модулей (узлов), каждый из которых можно рассматривать как многополюсник с соответствующими электрическими функциями по входу и выходу, то мы сталкиваемся с отсутствием хорошо разработанных инженерных методов, позволяющих это сделать наиболее кратчайшим и оптимальным способом. Развитие таких методов должно ответить на вопросы: какова должна быть оптимальная структура (топология) блока в целом, сколько в нем должно быть модулей, какова их сложность и какие им определяются функциональные преобразования (решение этих вопросов увязывается с возможностями и особенностями микроэлектроники), как наиболее просто и наглядно увязать функциональные преобразования суммы модулей с функциональными преобразованиями блока в целом, которые заданы техническими условиями.

б) Конструктивно-технологическая разработка сложных блоков радиоаппаратуры наталкивается на недостаточность исследований в области изготовления многослойных кроссировочных печатных плат, расчета паразитных связей между проводниками этих

плат и электрическими коммуникациями блока в целом, теплового баланса блока при естественном или принудительном охлаждении. Следует учитывать, что весьма малые размеры микросэлектронных модулей позволяют и часто приводят к большой плотности упаковки узлов в блоке и к большой плотности электрических межмодульных коммуникаций в нем. Необходимы методы, оценивающие последствия этих особенностей и позволяющие находить оптимальные решения.

в) Методы микросэлектроники являются техническим инструментом, позволяющим сделать новые конкретные попытки создать аппаратуру, надежность которой выше, чем надежность составляющих ее модулей. Поиск сложности резерва модулей и электрической топологии их соединения между собой по типу нервных сетей, возможно, позволит в ближайшие годы положить начало техническому решению данной задачи.

Радотехнические специальности тесным образом связаны со смежными специальностями, и, в первую очередь, со специальностями факультетов по электронной технике. Автору представляется разумным на базе существующих сегодня специальностей радиотехнических факультетов и факультетов электронной техники, создать три специальности с дифференциацией каждой по соответствующим специализациям:

1) специальность «инженер-конструктор радиоаппаратуры». Специалисты этого профиля должны быть подготовлены к проектированию и промышленному изготовлению законченных радиоприборов радиосистем на базе обычных узлов с навесными элементами, микросэлектронных модулей, приборов СВЧ и т. п., которые они сами не разрабатывают, а только используют. Эта специальность может иметь две основных специализации: специализация в сторону системотехники или исследования и разработки алгоритма (блок-схемы) радиоприборов и систем (прототип 0701 специальности) и специализация в области материального воплощения найденного алгоритма радиоприбора или радиосистемы в виде законченных конструкций и технологии (производственного) изготовления (прототип 0705 специальности). Инженеры первой специализации должны хорошо знать теорию приема, переработки и передачи информации, теорию и технику радиосистем, теорию и технику электрических и радиотехнических измерений, нейрокибернетику, специальные разделы математики и т. п. Они могут быть только ознакомлены с теорией электрических цепей (схемотехника), микросэлектроникой, созданием узлов на навесных элементах, теорией электровакуумных ламп и транзисторов, приборами СВЧ, химией и т. п.

Инженеры второй специализации должны хорошо знать физику, химию, основы материаловедения, термодинамику, теорию электрического поля, механику, методы конструирования радиоаппаратуры, технологию, параметры комплектующих изделий и т. п. Они могут быть также только знакомы с теорией информации, теорией электрических цепей, микросэлектроникой, созданием узлов на навесных элементах, теорией электровакуумных ламп и транзисторов и т. п.

Инженеры первой специализации принимают задание от заказчиков и, в свою очередь, выдают задание инженерам второй специализации, вторые замыкаются на опытное или цеховое производство. Главные вопросы решаются совместно.

Не исключена возможность выделения в рамках данной специальности третьей специализации в области проектирования и изготовления антенно-фидерных устройств.

2) Специальность «инженер-конструктор узлов радиоаппаратуры». Специалисты этого профиля должны быть подготовлены к проектированию и промышленному изготовлению узлов радиоаппаратуры на навесных элементах, микросэлектронных узлов (модулей), специальных радиотехнических блоков СВЧ, линий задержек, регистров и т. п. Эта специальность может подразделяться на две основные специализации: специализация в области микросэлектроники и специализация в области создания узлов на навесных электроэлементах. Инженеры первой специализации должны хорошо знать квантовую механику, физику твердого тела, физику тонких пленок, специальные разделы химии, фотолитографию, теорию электрических цепей (схемотехника), вакуумную технику, теорию и технику измерений электрофизических параметров и т. п. В рамках именно этой специализации схема, конструкция и технология не отделимы друг от друга. Инженеры второй специализации должны хорошо знать объединенный материал существующих 0701 и 0705 специальностей, но в рамках узлов аппаратуры и без электроэлементов. Они также должны знать основы микросэлектроники. Заказчиками инженеров данной специальности являются разработчики радиоприборов и радиосистем.

3) Специальность «инженер-конструктор электроэлементов». Эта специальность может быть разделена на специализации: инженер конструктор полупроводниковых приборов, инженер-конструктор электровакуумных приборов, инженер-конструктор приборов СВЧ и инженер-конструктор пассивных электроэлементов (сопротивления, конденсаторы, ферритовые изделия, типовые трансформаторы и т. п.).

Специалисты этого профиля должны хорошо знать физику, химию, теорию твердого тела, материаловедение, вакуумную технику, технику измерений электрофизических параметров и т. п.

Вопрос о разделении всех трех указанных специальностей по факультетам требует особого рассмотрения.

Л. Н. Колесов,

К. т. н. доц. зав. кафедрой производства
и конструирования радиоаппаратуры
Таганрогского радиотехнического
института

Поступило в редакцию
14 III 1966 г.